



Attorney Docket No.: 4001-1155

PATENT

IN THE U.S. PATENT AND TRADEMARK OFFICE

Applicant: BACHMAIER et al.  
Appl. No.: 10/671,504  
Filed: September 29, 2003  
For: INJECTOR, ESPECIALLY FUEL INJECTION  
VALVE, WITH A PIEZOELECTRIC ACTOR

L E T T E R

Assistant Commissioner for Patents  
P.O. Box 1450  
Alexandria, Virginia 22313-1450

Date: October 9, 2003

Sir:

Under the provisions of 35 U.S.C. § 119 and 37 C.F.R. § 1.55(a), the applicant(s) hereby claim(s) the right of priority based on the following application(s):

<u>Country</u>	<u>Application No.</u>	<u>Filed</u>
GERMANY	102 45 109.5	September 27, 2002

A certified copy of the above-noted application(s) is(are) attached hereto.

If necessary, the Commissioner is hereby authorized in this, concurrent, and future replies, to charge payment or credit any overpayment to Deposit Account No. 25-0120 for any additional fee required under 37 C.F.R. §§ 1.16 or 1.17; particularly, extension of time fees.

Respectfully submitted,

YOUNG & THOMPSON

By *Benoît Castel*  
Benoît Castel, #35,041

BC/psf

745 South 23<sup>rd</sup> Street, Suite 200  
Arlington, Virginia 22202  
(703) 521-2297

Attachment



# BUNDESREPUBLIK DEUTSCHLAND

---



## Prioritätsbescheinigung über die Einreichung einer Patentanmeldung

**Aktenzeichen:** 102 45 109.5

**Anmeldetag:** 27. September 2002

**Anmelder/Inhaber:** Siemens Aktiengesellschaft,  
München/DE

**Bezeichnung:** Injektor, insbesondere Kraftstoff-Einspritz-  
ventil, mit einem piezoelektrischen Aktor

**IPC:** F 02 M 51/06

**Die angehefteten Stücke sind eine richtige und genaue Wiedergabe der ur-  
sprünglichen Unterlagen dieser Patentanmeldung.**

München, den 25. September 2003  
**Deutsches Patent- und Markenamt**  
**Der Präsident**  
Im Auftrag

A handwritten signature in black ink, appearing to be 'R. G. J.' followed by a long vertical stroke.



## Beschreibung

Injektor, insbesondere Kraftstoff-Einspritzventil, mit einem piezoelektrischen Aktor

5

Die Erfindung betrifft einen Injektor, insbesondere ein Kraftstoff-Einspritzventil von Kraftfahrzeugen, mit einem piezoelektrischen Aktorkörper, insbesondere in Multilayer-Ausführung, dessen Mantelfläche unter Einhaltung eines Zwischenraums von einem Injektorgehäuse umgeben und durch direkten Kontakt mit einem inerten, elektrisch nichtleitenden Fluid gekühlt ist.

Ein derartiger Injektor ist bereits aus der deutschen Patentschrift DE 199 40 055 C1 bekannt.

15

Wie allgemein bekannt, können mit piezoelektrischen Mehrlagern-Aktoren ausgestattete Steuer- oder Einspritzventile im Vergleich mit konventionellen, elektromagnetisch betätigten Einspritzventilen schneller schalten. Allerdings muss bei der Gestaltung eines mit einem piezoelektrischen Aktuator ausgestatteten Injektors darauf geachtet werden, dass durch innere Verluste im Aktorkörper Verlustwärme entsteht, die abgeführt werden muss, damit sich der Aktor nicht überhitzt. Diese Erwärmung kann zum einen durch thermische Ausdehnung des Aktorkörpers den Aktor beschädigen oder zerstören. Zum anderen wird durch die zusätzliche innere Erwärmung des Aktorkörpers möglicherweise die Curie-Temperatur überschritten wenn der Verbrennungsmotor auf hohem Temperaturniveau arbeitet, da die Direkteinspritzung in den Brennraum den Injektor von vornherein hohen Umgebungstemperaturen aussetzt.

25

30

Eine unzulässige Annäherung an die Curie-Temperatur oder gar deren Überschreiten muss auf jeden Fall verhindert werden, da ansonsten die Gefahr besteht, dass die Piezokeramik depolarisiert und der Aktor an Hub verliert.

35

Obwohl auf beliebige Injektoren mit Piezoaktor und Zwischenraum (vom Aktor zum Injektorgehäuse) anwendbar, gewinnt die vorliegende Erfindung besonders im Hinblick auf Anwendungsfälle Bedeutung, bei denen beim Betrieb von Hochdruckeinspritzventilen für Kraftstoff-Direkteinspritzung mit einem Piezoelektrischen-Multilayer-Aktor (PMA) als Antriebselement – sowohl für Diesel- als auch für Benzinmotoren – eine Mehrfacheinspritzung zur Optimierung des Brennvorgangs angestrebt wird. Beim Dieselmotor wird durch eine Piloteinspritzung eine Konditionierung des Gemisches erreicht, so dass nach der Haupteinspritzung der Brennvorgang gleichmäßig abläuft. Beim Benzinmotor andererseits wird ein mageres Gemisch sicher gezündet, indem eine gezielte Sekundäreinspritzung das Gemisch im Bereich der Zündkerze anfettet.

Die weitere Entwicklung geht allgemein in Richtung kontinuierlicher Einspritzratenformung, um Verbrauchs- und Abgaswerte weiter zu verbessern und die Lärmentwicklung zu vermindern. Diskutiert werden bereits Konzepte mit bis zu fünf Einspritzungen pro Brennvorgang. Dementsprechend soll der Aktor mit immer höherer Frequenz angesteuert werden, wobei dann allerdings in der Piezokeramik des Aktors, wie zuvor beschrieben, auch immer mehr Abwärme produziert wird. Diese Abwärme kann derzeit nur schlecht abgeführt werden, da die Piezokeramik typischerweise von Luft umgeben ist, so dass eine wirksame Wärmeableitung im wesentlichen nur direkt oder indirekt über die Stirnseiten des Aktorkörpers erfolgen kann.

Aus der eingangs zitierten DE 199 40 055 C 1 ist ein Dosierventil mit Piezoaktor bekannt, bei dem der Aktorraum (Zwischenraum), eine Hydraulikkammer und ein Ausgleichsraum hydraulisch verbunden und mit einer unter Druck stehenden Hydraulikflüssigkeit blasenfrei gefüllt sind, um ein dynamisch (also bei den gegebenen Einspritzzeiten im Millisekunden-Bereich) steifes Lager für den Piezoaktor und ein hydraulisches Längenausgleichselement für zeitlich längere Vorgänge zu bilden. In diesem Zusammenhang werden Aktoren vom "ge-

schlossenen" Typ, bei dem der Aktor durch einen im Zwischenraum angeordneten Metallbalg gekapselt ist, sowie Aktoren vom "offenen" Typ diskutiert. In der Patentschrift ist erwähnt, dass sich, bei einer gegenüber dem Metallbalg preiswerteren

5 "offenen" Sonderausführung mit einem in eine Rohrfeder eingebrachten Aktor, durch den direkten Kontakt des Aktors mit der Hydraulikflüssigkeit, beispielsweise Silikonöl, günstigerweise eine Wärmeabführung an die (nicht näher spezifizierte) Umgebung ergibt.

10

Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, einen Injektor der eingangs genannten Art zu schaffen, bei dem der Aktor gegen Überhitzung ausreichend geschützt ist, um einen unproblematischen Betrieb, auch mit mehreren Injektionen pro Verbren-

15 nungsvorgang, zu gewährleisten.

Diese Aufgabe wird erfindungsgemäß durch einen Injektor gemäß Patentanspruch 1 gelöst. Vorteilhafte Ausgestaltungen sind den Unteransprüchen entnehmbar.

20

Erfindungsgemäß ist der Injektor, insbesondere ein Kraftstoff-Einspritzventil von Kraftfahrzeugen, mit einem piezoelektrischen Aktorkörper, insbesondere in Multilayer-

Ausführung, versehen, dessen Mantelfläche unter Einhaltung

25 eines Zwischenraums von einem Injektorgehäuse umgeben und durch direkten Kontakt mit einem inerten, elektrisch nichtleitenden Fluid gekühlt ist. Im Injektorgehäuse ist ein bis auf ein Luftreservoir mit einem wärmegekoppelnden Fluid gefüllter Fluidraum gebildet, wobei der Aktorkörper wenigstens über

30 einen Teil seiner Länge in direktem Kontakt zu dem Fluid steht, welches die Aktorwärme in lateraler Richtung vom Aktorkörper abführt. Das Volumen des Luftreservoirs ist dabei gleichzeitig mindestens so groß vorzusehen, dass es die bei der höchsten Betriebstemperatur des Aktorkörpers auftretende

35 thermische Ausdehnung des wärmegekoppelnden Fluids erlaubt.

Die Idee der Erfindung basiert demnach zunächst darauf, das Injektor-Innere mit einem inerten nichtleitenden Fluid mit möglichst hoher Wärmeleitfähigkeit zu füllen, um einen besseren Transport der Abwärme des Aktors zu ermöglichen. Durch  
5 die zusätzliche laterale Wärmekoppelung an das umgebende Injektorgehäuse kann so eine unzulässige Erwärmung des Aktors auch bei hohen Betriebsfrequenzen sicher vermieden werden.

Als wärmekoppelnde Fluide im Sinne der Erfindung sind dabei  
10 Flüssigkeiten, Flüssigkeitsgemische, Fette, Öle, Pasten (insbesondere Wärmeleitpasten), Suspensionen (zur Erhöhung der Wärmeleitfähigkeit) usw. mit den genannten Eigenschaften, insbesondere mit einer hohen Dielektrizitätskonstanten, einsetzbar.

15 Die Erfindung beruht weiterhin auf der Erkenntnis, dass es, insbesondere um Druckprobleme am Aktor bzw. im Injektor zu vermeiden, erforderlich ist, beim Füllgrad des wärmekoppelnden Fluids im Fluidraum die thermische Ausdehnung des (jewei-  
20 ligen) Fluids zu berücksichtigen, auch wenn dies den Bereich der Mantelfläche des Aktorkörpers, der über eine zusätzliche laterale Wärmeabführung verfügt, bis zu einem gewissen Grad verringert. Deshalb wird ein vorberechnetes, ausreichendes Luftreservoir im Fluidraum vorgesehen.

25 Die Erfindung ist insbesondere bei Aktoren vom offenen und geschlossenen Typ einsetzbar:

Bei offenen Faktoren ist es von Vorteil, dass der Zwischen-  
30 raum wenigstens einen Teil des Fluidraums bildet und wenigstens über einen Teil seiner Länge mit dem Fluid gefüllt ist, und dass im Injektorgehäuse eine Trennvorrichtung im Bereich des ventilseitigen Endes des Aktorkörpers so vorgesehen ist, dass sie den fluiderfüllten Teil des Fluidraums gegenüber ei-  
35 nem zum Injektorventil hin anschließenden Raum im Injektorgehäuse abdichtet. Durch die Trennvorrichtung kann das einzuspritzende Medium (Dosierfluid) von der Piezokeramik fern-



gehalten werden. Es ist von Vorteil, wenn der Aktorkörper in eine im Zwischenraum angeordnete Rohrfeder eingebracht ist und von dieser druckvorgespannt wird, wobei das Fluid durch die Öffnungen der Rohrfeder hindurch eine Wärmeleitbrücke zwischen dem Aktorkörper und dem Injektorgehäuse bildet. Auf diese Weise kann ein kostengünstiger offener Aktortyp mit guter lateraler Wärmeableitung realisiert werden.

Ein Injektor mit geschlossenem Aktortyp lässt sich vorteilhaft dadurch realisieren, dass der Aktorkörper in eine im Zwischenraum angeordnete axiale Kapselung eingebracht ist, die den Zwischenraum in einen Aktor-Innenraum und einen dagegen hydraulisch abgedichteten Aktor-Außenraum unterteilt, wobei der Aktor-Innenraum wenigstens einen Teil des Fluidraums bildet und wenigstens über einen Teil seiner Länge mit dem Fluid gefüllt ist.

Gemäß einer besonders vorteilhaften Ausführungsform dieses Aktortyps ist auch der Aktor-Außenraum wenigstens über einen Teil seiner Länge mit einem zweiten wärmegekoppelnden Fluid gefüllt, so dass auch in diesem Fall eine hier quasi zusammengesetzte Wärmeleitbrücke vom Aktorkörper zum Injektorgehäuse gegeben ist.

Diese Ausführung kann ohne weiteres mit einem hydraulischen Lager für den Aktorkörper kombiniert werden, indem ein den Aktorkörper an der von der Ventilnadel abgewandten Seite dynamisch steif abstützendes hydraulisches Lager vorgesehen wird. Das hydraulische Lager und der Aktor-Außenraum sind hydraulisch verbunden und mit einer als zweites wärmegekoppelndes Fluid dienenden Hydraulikflüssigkeit gefüllt, und es ist ein Dichtelement vorgesehen, welches den Aktor-Außenraum gegenüber einem zum Injektorventil hin anschließenden Raum im Injektorgehäuse abdichtet.

35

Bei allen Ausführungen ist es von Vorteil, dass der Aktorkörper über seine ganze Länge in direktem Kontakt zum Fluid

steht, und dass das Volumen des Luftreservoirs mit dem fluidgefüllten Teil des Fluidraums hydraulisch ungedrosselt verbunden ist.

5 Ausführungsbeispiele der Erfindung sind in den Figuren der Zeichnung dargestellt und in der nachfolgenden Beschreibung näher erläutert. Es zeigt, jeweils schematisch und im Längs- bzw. Teilschnitt,

10 Figur 1 eine erste Ausführungsform eines erfindungsgemäßen Injektors, mit einem offenen Aktortyp,

Figur 2 einen Teil einer zweiten Ausführungsform, mit einem offenen Aktortyp,

15

Figur 3 einen Teil einer dritten Ausführungsform des erfindungsgemäßen Injektors, jedoch mit einem geschlossenen Aktortyp,

20 Figur 4 eine vierte Ausführungsform eines erfindungsgemäßen Injektors, mit geschlossenem Aktortyp.

Figur 1 zeigt einen Aktorkörper 1 in Vielschicht-Ausführung, der in eine Rohrfeder 2 eingebracht ist und durch diese  
25 druckvorgespannt wird. Der Aktorkörper 1 ist an seiner oberen Stirnseite durch eine Kopfplatte 4 festgelegt, während er an seiner unteren Stirnseite mit einer Fußplatte 3 verbunden ist, die bei einer durch elektrische Erregung ausgelösten Längung des Aktorkörpers 1 zu einer entsprechenden axialen  
30 Auslenkung veranlasst wird, die direkt oder indirekt in den Hub einer Ventilnadel V umgesetzt wird. Eine flexible Membran 5 ist einerseits an der Fußplatte 3 und andererseits am Injektorgehäuse 9 angelenkt, die eine horizontale Abdichtung trotz axialer Beweglichkeit der Fußplatte 3 sicherstellt. Der  
35 Ventilraum 11 kann über Zuleitungen 12 und 13 in an sich bekannter Weise mit Dosierfluid nachgefüllt werden. Bei derartigen Aktoren vom offenen Typ wird im Allgemeinen eine beweg-

liche Trennvorrichtung, wie die dargestellte Membran 5 oder ein Metallbalg benötigt, um das einzuspritzende Dosiermedium, typischerweise Kraftstoff, von der chemisch relativ empfindlichen Piezokeramik fernzuhalten.

5

Der Raum zwischen der Mantelfläche des Aktorkörpers 1 und der Innenseite des Injektorgehäuses 9 ist großteils, aber nicht vollständig, mit einem wärmegekoppelnden Fluid 6 gefüllt: im oberen Bereich dieses Zwischenraums bleibt erkennbar ein nichtgefülltes Luftreservoir 7 erhalten, während der untere Bereich, aufgrund der Schwerkraft, vollständig mit dem Fluid 6 gefüllt ist. Das Fluid 6 drängt durch die Öffnungen in der Rohrfeder 2 und bildet eine Wärmeleitbrücke vom Aktorkörper 1 zum Injektorgehäuse 9. Die hier (und in Figur 4) durch die Pfeile angedeuteten hauptsächlichen Richtungen des Wärmeflusses machen deutlich, dass der Wärmeabtransport insgesamt durch den lateralen Wärmeabtransport (der zusätzlich zum konventionellen Wärmeabtransport über die Kopfplatte 4 erfolgt) über das eine hohe Wärmeleitfähigkeit aufweisende Fluid 6 erfindungsgemäß erheblich verbessert wird. Ein Teil des Fluids 6 befindet sich bei dieser Variante im Übrigen auch unterhalb der Fußplatte 3, also außerhalb des oben definierten Zwischenraums.

25

Bei der Herstellung einer Wärmeleitbrücke für den Abtransport der entsprechend dem Wirkungsgrad des Aktors entstehenden Abwärme sind verschiedene Randbedingungen zu beachten:

30

Das Fluid 6 bedarf die Piezokeramik nicht schädigen. Es muss deshalb nichtleitend und chemisch inert sein. Eine hohe Dielektrizitätskonstante  $\epsilon_r$  ist vorteilhaft, um die elektrischen Feldlinien zu homogenisieren, wobei sich günstigerweise zusätzlich eine Erhöhung der Durchschlagsfestigkeit ergibt. Deshalb kommt für das Fluid 6 neben (entgasten) Silikonölen beispielsweise auch Glycerin besonders in Frage.

35

Der Füllgrad des Fluidraums bzw. die Größe des Luftreservoirs 7, welches die vollständige thermische Ausdehnung des Fluids 6 berücksichtigen, d. h. erlauben soll, hängt vom gewählten Fluid 6 und vom Temperaturbereich, in dem der Injektor betrieben wird, ab. Einspritz-Injektoren für Kraftfahrzeuge werden üblicherweise zwischen  $-40\text{ }^{\circ}\text{C}$  und  $+150\text{ }^{\circ}\text{C}$  betrieben. Aus Sicherheitsgründen wird mit Betriebstemperaturen bis  $+220\text{ }^{\circ}\text{C}$  gerechnet. (Curie-Temperaturen von Piezokeramiken liegen typischerweise über  $+250\text{ }^{\circ}\text{C}$ ). Das Fluid 6 wird beispielsweise bei  $+20\text{ }^{\circ}\text{C}$  ( $dT = 200\text{ }^{\circ}\text{C}$ ) eingefüllt und hat einen Volumenausdehnungskoeffizienten von  $0,00125\text{ }[1/^{\circ}\text{C}]$ . Dann kann sich das Fluid 6 um 25 % ausdehnen und das Volumen darf zu höchstens 80 % mit dem Fluid 6 befüllt werden.

In der Praxis ist das Befüllen, wie in Figur 2 dargestellt, einfach über eine Befüllbohrung 8 zu bewerkstelligen, die nach dem Befüllen mit einem Verschluss 10 versehen wird, z. B. mittels Laserschweißung oder Klebung. Dies wird dadurch erleichtert, dass das Volumen nicht bis zum Rand und nur drucklos mit Fluid 6 gefüllt wird.

Figur 3 zeigt einen Aktor vom geschlossenen Typ, bei dem der Aktorkörper 1 flüssigkeitsdicht gekapselt ist. Dies kann, wie dargestellt, insbesondere durch Einschweißen des Aktorkörpers 1 in einen flüssigkeitsdichten Metallbalg 14 verwirklicht werden. Wird der Aktor über die elektrischen Anschlüsse 15 angesteuert, so längt er sich aus. Dabei stützt sich die Kopfplatte 4 gegen ein Widerlager (z. B. massive Rückwand oder hydraulisches Lager) ab und die bewegliche Fußplatte 3 wird nach unten gedrückt. Der Abtransport der entstehenden Abwärme wird wiederum erfindungsgemäß erleichtert, wenn der Aktor-Innenraum, also der Raum zwischen dem Metallbalg 14 und dem Aktorkörper 1, zumindest teilweise, wie dargestellt, mit dem wärmeleitenden Fluid 6 gefüllt ist.

Dies ist in vorteilhafter Weise zu realisieren, wenn der Injektor, wie in Figur 4 gezeigt, mit einem an sich bekannten

hydraulischen Lager 16 betrieben wird. Es ist besonders günstig, wenn der Aktor-Außenraum 17 zwischen dem Metallbalg 14 und dem Injektorgehäuse 9 ebenfalls mit einem zweiten wärme-koppelnden Fluid (nicht dargestellt) gefüllt ist, dass sich  
5 vom ersten wärme-koppelnden Fluid 6 unterscheiden kann. Es muss insbesondere weder chemisch verträglich mit der Piezokeramik noch nichtleitend sein. Die Auswahl der möglichen zweiten wärme-koppelnden Fluide erhöht sich deshalb. Insbesondere kann ein sowieso schon im Injektor vorhandenes Fluid, bei-  
10 spielsweise der Kraftstoff selbst, oder das Fluid, welches für das hydraulische Lager 6 verwendet wird, als zweites wärme-koppelndes Fluid eingeleitet werden.

Die Befüllung eines geschlossenen Aktors kann prinzipiell über eine separate Befüllbohrung 8, wie in Figur 2 dargestellt, erfolgen. Mit den Bohrungen für die elektrischen Anschlussleitungen hat man aber bereits einen Zugang zum Inneren des Aktors 1, der vorteilhaft als Befüllkanal 18, vgl. Figur 3, genutzt werden kann. Nach dem Befüllen müssen alle  
15 Zugänge mit einem Verschluss 19, beispielsweise mit einem temperaturfesten Kleber, versehen werden.

Bei allen Ausführungen darf das Volumen des Fluidraums nicht vollständig mit dem wärmeleitenden Fluid 6 gefüllt werden.  
25 Ein Luftreservoir 7 von ausreichendem Volumen ist wegen der thermischen Ausdehnung des Fluids 6 vorzusehen. Das Luftreservoir kann günstigerweise auch in einem zum Zwischenraum externen, jedoch mit diesem verbundenen Volumen liegen. Dadurch kann der Aktor immer vollständig vom wärme-koppelnden  
30 Fluid 6 umspült werden. Dabei kann das Fluid 6 beispielsweise durch eine elastische Membran (nicht dargestellt) vom Luftreservoir 7 getrennt sein, um eine Vermischung zu vermeiden.

Insgesamt kann eine unzulässige Erwärmung des Aktors auch bei  
35 hohen Betriebsfrequenzen sicher vermieden werden, da sowohl offene wie auch geschlossene Aktoren in der erfindungsgemäßen Weise mit wärme-koppelndem Fluid 6 teilgefüllt werden können.

## Patentansprüche

1. Injektor, insbesondere Kraftstoff-Einspritzventil von Kraftfahrzeugen, mit einem piezoelektrischen Aktorkörper (1),  
5 insbesondere in Multilayer-Ausführung, dessen Mantelfläche unter Einhaltung eines Zwischenraums von einem Injektorgehäuse (9) umgeben und durch direkten Kontakt mit einem inerten, elektrisch nichtleitenden Fluid gekühlt ist, dadurch gekennzeichnet,  
10 dass im Injektorgehäuse (9) ein bis auf ein Luftreservoir (7) mit einem wärmegekoppelnden Fluid (6) gefüllter Fluidraum gebildet ist, wobei der Aktorkörper (1) wenigstens über einen Teil seiner Länge in direktem Kontakt zu dem Fluid (6) steht, welches die Aktorwärme in lateraler Richtung vom Aktorkörper  
15 (1) abführt, und wobei das Volumen des Luftreservoirs (7) mindestens so groß ist, dass es die bei der höchsten Betriebstemperatur des Aktorkörpers (1) auftretende thermische Ausdehnung des wärmegekoppelnden Fluids (6) erlaubt.
- 20 2. Injektor nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass der Zwischenraum wenigstens einen Teil des Fluidraums bildet und wenigstens über einen Teil seiner Länge mit dem Fluid (6) gefüllt ist, und dass im Injektorgehäuse (9) eine Trennvorrichtung (5) im Bereich des  
25 ventilseitigen Endes des Aktorkörpers (1) so vorgesehen ist, dass sie den fluiderfüllten Teil des Fluidraums gegenüber einem zum Injektorventil (V) hin anschließenden Raum im Injektorgehäuse (9) abdichtet.
- 30 3. Injektor nach Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet, dass der Aktorkörper (1) in eine im Zwischenraum angeordnete Rohrfeder (2) eingebracht ist und von dieser druckvorgespannt wird, wobei das Fluid (6) durch die Öffnungen der Rohrfeder (2) hindurch eine Wärmeleitbrücke  
35 zwischen dem Aktorkörper (1) und dem Injektorgehäuse (9) bildet.

4. Injektor nach Anspruch 1,  
dadurch gekennzeichnet, dass der Aktorkörper (1) in eine im  
Zwischenraum angeordnete axiale Kapselung (14) eingebracht  
ist, die den Zwischenraum in einen Aktor-Innenraum und einen  
5 dagegen hydraulisch abgedichteten Aktor-Außenraum (17) unter-  
teilt, wobei der Aktor-Innenraum wenigstens einen Teil des  
Fluidraums bildet und wenigstens über einen Teil seiner Länge  
mit dem Fluid (6) gefüllt ist.
- 10 5. Injektor nach Anspruch 4,  
dadurch gekennzeichnet, dass der Aktor-Außenraum (17) wenig-  
stens über einen Teil seiner Länge mit einem zweiten wärme-  
koppelnden Fluid (6) gefüllt ist.
- 15 6. Injektor nach Anspruch 5,  
dadurch gekennzeichnet, dass ein den Aktorkörper (1) an der  
von der Ventilmadel (V) abgewandten Seite dynamisch steif ab-  
stützendes hydraulisches Lager (16) vorgesehen ist, dass das  
hydraulische Lager (16) und der Aktor-Außenraum (17) hydrau-  
20 lisch verbunden und mit einer als zweites wärme-  
koppelndes Fluid dienenden Hydraulikflüssigkeit gefüllt sind, und dass  
ein Dichtelement (5) vorgesehen ist, welches den Aktor-  
Außenraum (17) gegenüber einem zum Injektorventil (V) hin an-  
schließenden Raum im Injektorgehäuse (9) abdichtet.
- 25 7. Injektor nach einem der Ansprüche 4 bis 6,  
dadurch gekennzeichnet, dass die Kapselung durch einen axial  
flexiblen Metallbalg (14) gebildet ist, und dass der Aktor-  
körper (1) von diesem druckvorgespannt wird.
- 30 8. Injektor nach einem der Ansprüche 1 bis 7,  
dadurch gekennzeichnet, dass der Aktorkörper (1) über seine  
ganze Länge in direktem Kontakt zum Fluid (6) steht, und dass  
das Volumen des Luftreservoirs (7) mit dem fluidgefüllten  
35 Teil des Fluidraums hydraulisch ungedrosselt verbunden ist.

9. Injektor nach Anspruch 8,  
dadurch gekennzeichnet, dass zwischen dem Luftreservoir (7)  
und dem fluidgefüllten Teil des Fluidraums eine elastische  
Membran vorgesehen ist.

5

10. Injektor nach einem der Ansprüche 1 bis 9,  
dadurch gekennzeichnet, dass das Injektorgehäuse (9) Bohrungen für die elektrischen Anschlussleitungen (15) des Aktors aufweist, und dass mindestens eine dieser Bohrungen als Befüllkanal (18) für den Fluidraum vorgesehen wird.

10

11. Injektor nach einem der Ansprüche 1 bis 10,  
dadurch gekennzeichnet, dass ein wärmegekoppelndes Fluid (6)  
mit einer hohen Dielektrizitätskonstanten vorgesehen ist.

15



## Zusammenfassung

Injektor, insbesondere Kraftstoff-Einspritzventil, mit einem piezoelektrischen Aktor

5

Die Mantelfläche des piezoelektrischen Aktorkörpers (1) ist unter Einhaltung eines Zwischenraums von einem Injektorgehäuse (9) umgeben und durch direkten Kontakt mit einem inerten, elektrisch nichtleitenden wärmegekoppelnden Fluid (6) gekühlt, wobei im Injektorgehäuse (9) ein bis auf ein Luftreservoir (7) gefüllter Fluidraum gebildet ist. Das Volumen des Luftreservoirs (7) ist mindestens so groß, dass es die bei der höchsten Betriebstemperatur des Aktorkörpers (1) auftretende thermische Ausdehnung des wärmegekoppelnden Fluids (6) erlaubt.

15

Figur 2

20

Fig. 1

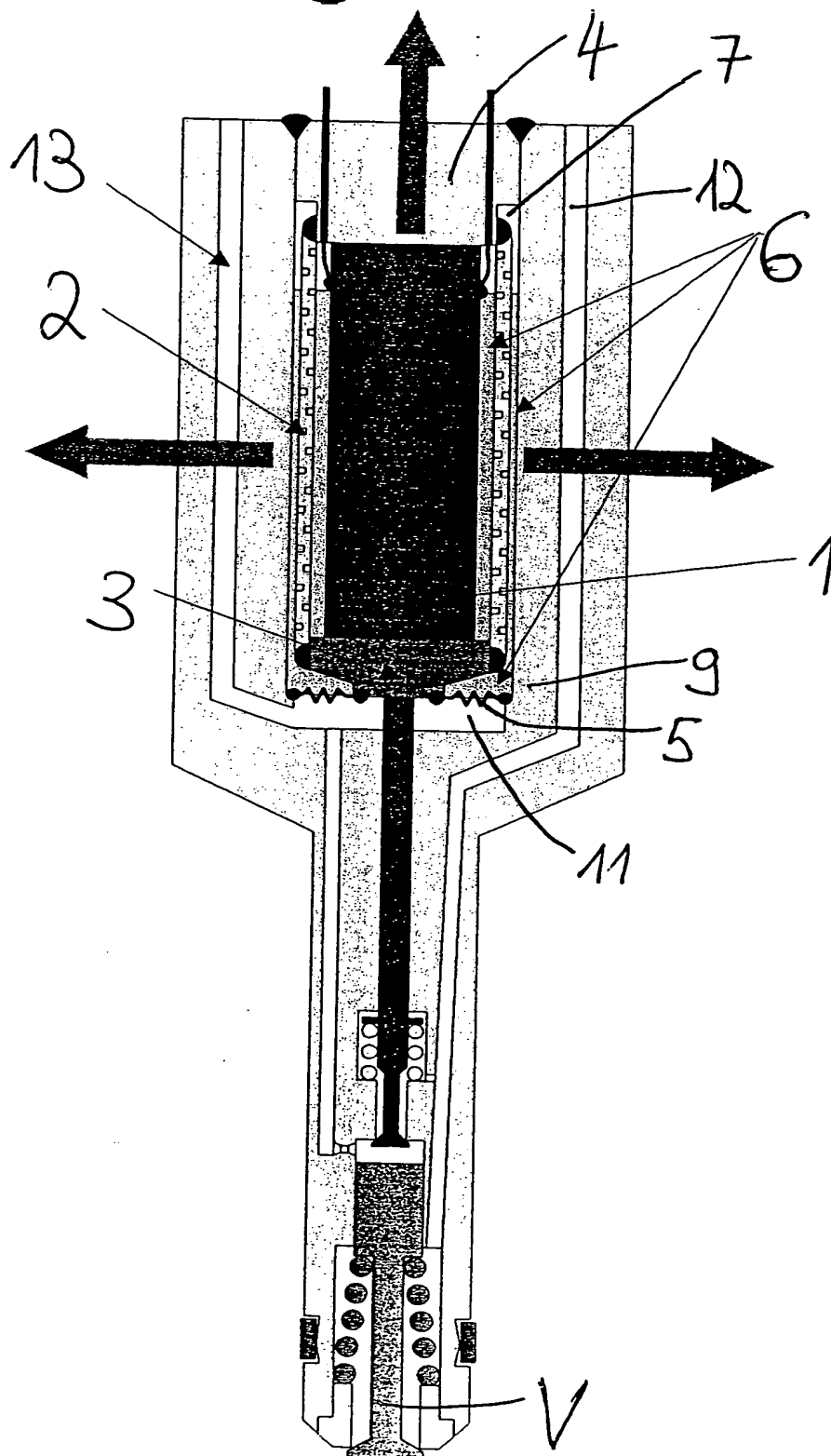
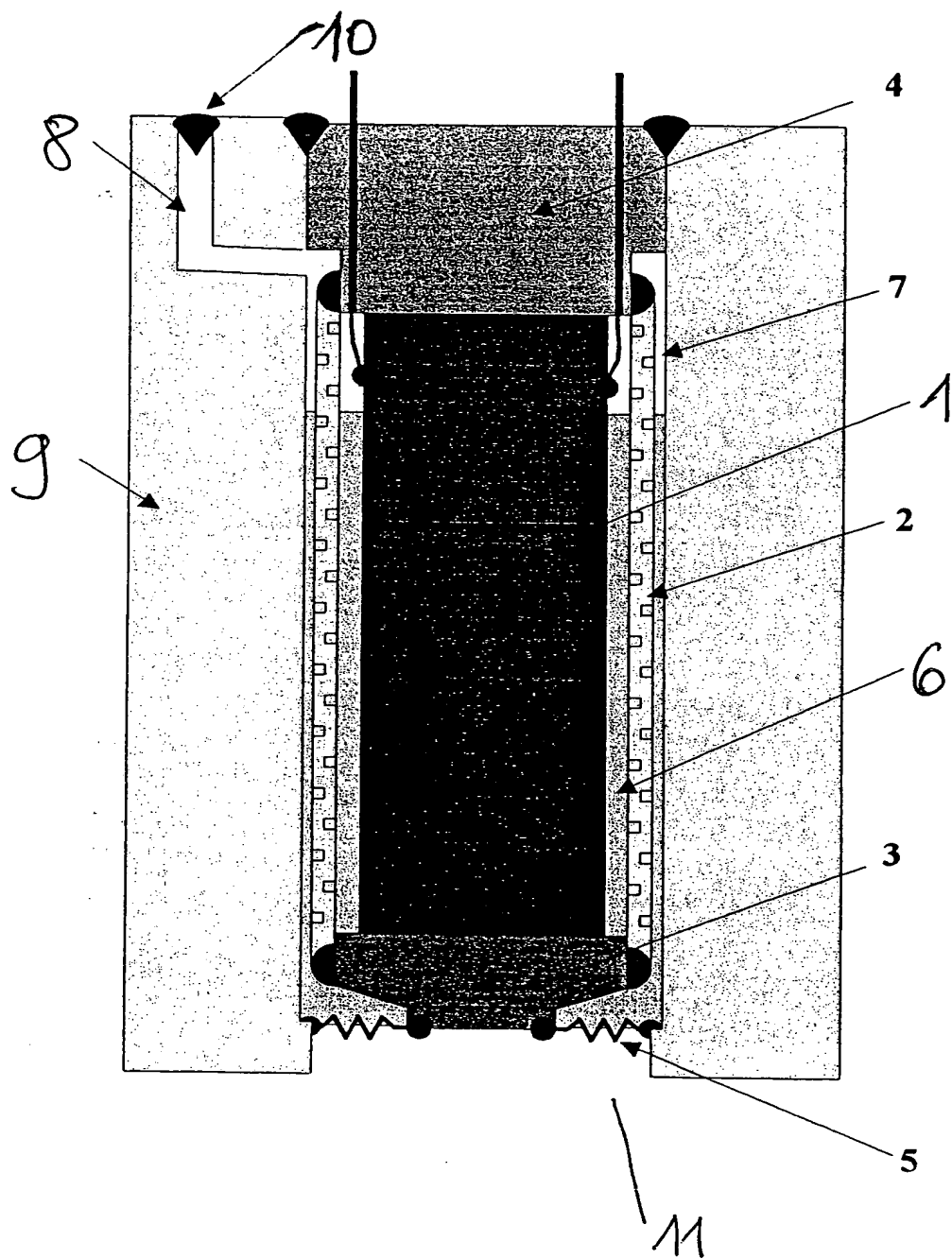


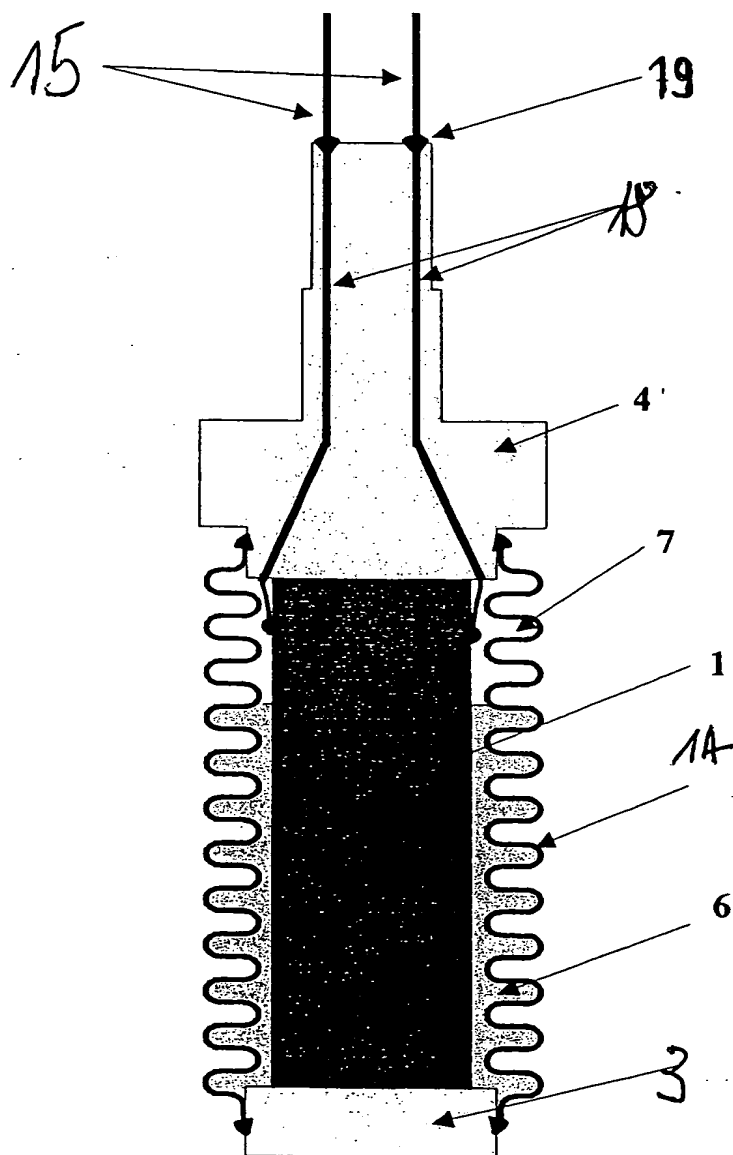
Fig. 2



2002 P 10355

WILHELM + BECK

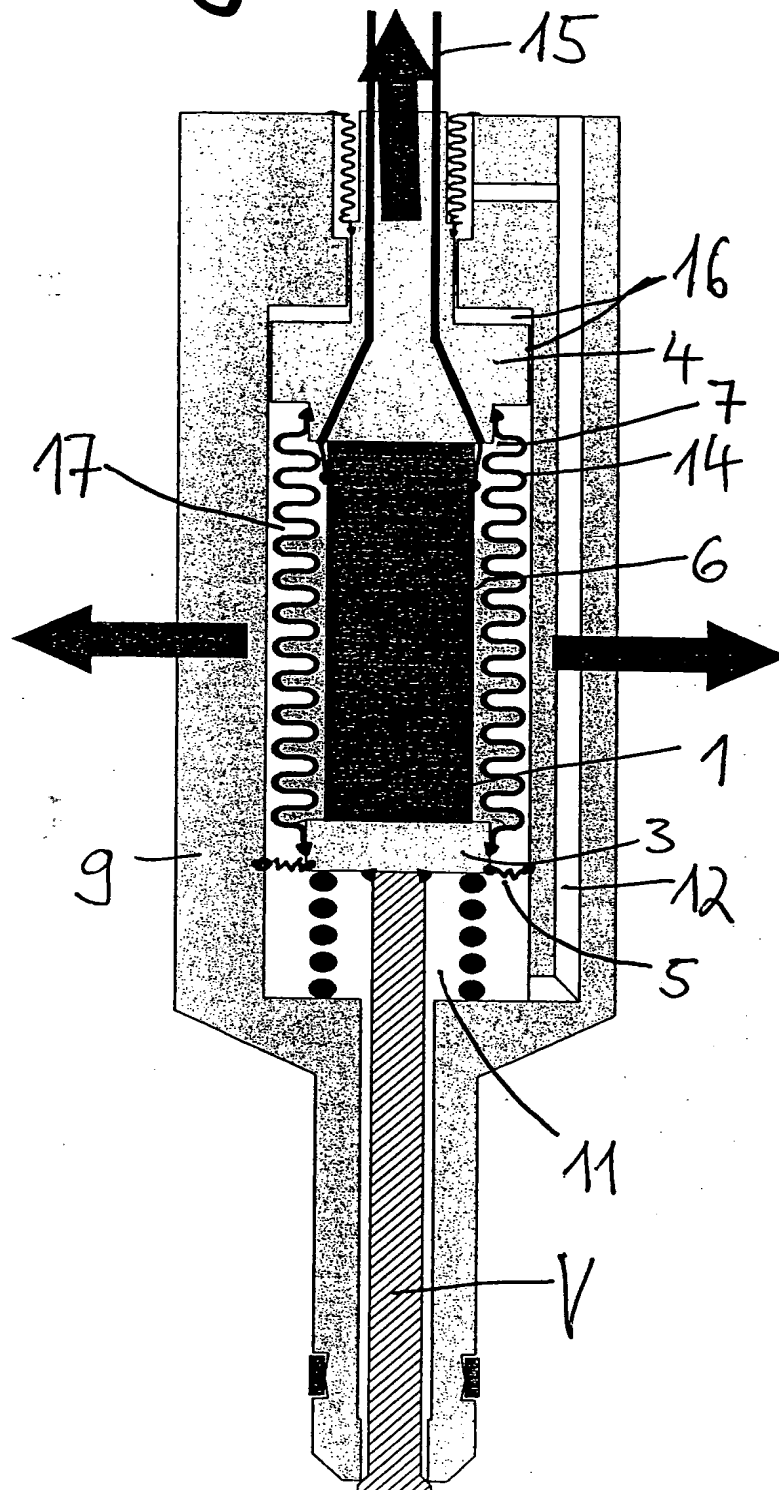
Fig. 3



2002 9 10355

WILHELM + BECK

Fig 4



Document Filed By:

Young & Thompson

745 South 23rd Street

Arlington, Virginia 22202

Telephone 703/521-2297

SN 10/671,504 (1.) September 29, 2003